ÉMAIL DD 3009

UNE EFFICACITÉ À L'ÉPREUVE DU TEMPS

De Dietrich
PROCESS SYSTEMS

ÉQUIPEMENTS, SYSTÈMES, SERVICES

ÉMAIL DD 3009

L'acier vitrifié est indispensable lorsque les conditions de service des process deviennent particulièrement sévères. L'émail DD 3009 offre alors une excellente résistance à la corrosion, à l'abrasion, aux chocs mécanique et thermique.

Pour améliorer la productivité, ou pour réussir de nouvelles synthèses, l'industrie chimique repousse sans cesse les limites de ses process : températures plus élevées, plus basses, pressions plus importantes, concentrations accrues…

Cette tendance ne sera cependant réalisable que si dans le même temps les équipements émaillés évoluent de pair.

C'est la raison pour laquelle De Dietrich® a depuis toujours investi dans la recherche et le développement de nouvelles formules d'émail. Le résultat de ces recherches continues a conduit à la présentation de l'émail DD 3009.

La formulation de cet émail polyvalent offre des propriétés optimales de résistance chimique aux acides et aux bases, de résistance mécanique aux chocs et à l'abrasion, de facilité de nettoyage et d'anti-adhésion.

À travers le monde, toutes les usines De Dietrich® utilisent la même qualité d'émail, dont la production est centralisée en France. Durant la fabrication de chaque lot d'émail DD 3009, de nombreux tests et contrôles suppriment tout risque d'erreur, nous assurant ainsi une qualité parfaite et reproductible. Grâce à cette maîtrise rigoureuse, nous pouvons affirmer en toute confiance que chez De Dietrich®, la Qualité se vit au quotidien.

Le contrôle de la recherche et du développement, puis de la production de son propre émail sont pour De Dietrich® autant de gages de compétence, de qualité et d'indépendance.

UN SEUL ET UNIQUE ÉMAIL

DD 3009, UN SEUL ET UNIQUE ÉMAIL DE QUALITÉ OPTIMALE, POUR TOUS PRODUITS, DANS LE MONDE ENTIER :

- **PROCESS HAUTEMENT CORROSIFS**
- **MATÉRIAU MULTI-USAGE**
- **ADAPTÉ AUX EXIGENCES cGMP : PROPRETÉ, NETTOYAGE, STÉRILISATION**
- **PARFAITEMENT ÉTANCHE ET INERTE : PAS D'EFFET CATALYTIQUE, PAS DE CONTAMINATION**
- **NON ADHÉRENT : PROCESS DE POLYMÉRISATION.**

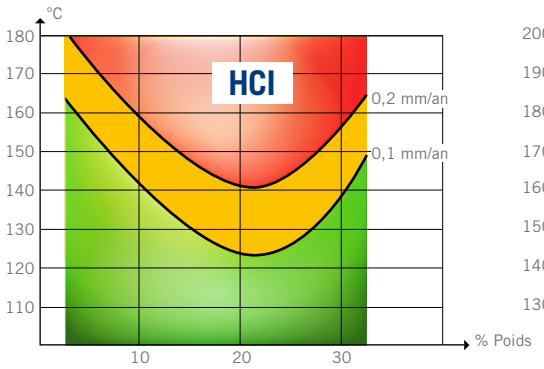
PROPRIÉTÉS CHIMIQUES

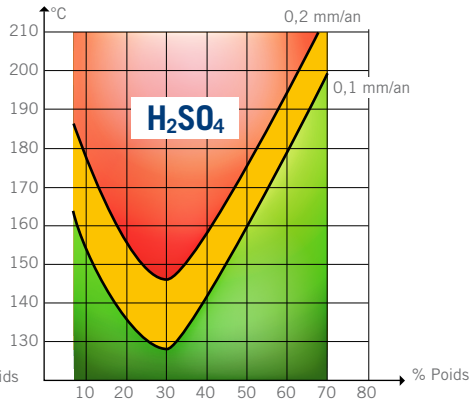
RÉSISTANCE AUX ACIDES

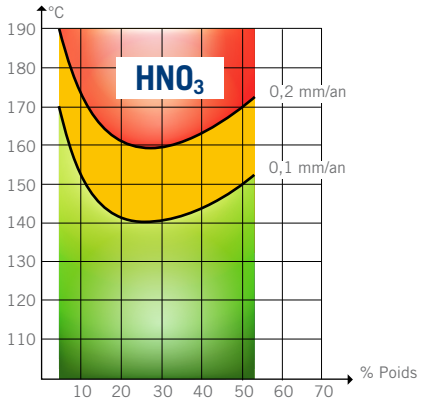
De manière générale, l'émail DD 3009 présente une excellente résistance aux acides, quelles que soient leurs concentrations, jusqu'à des températures relativement élevées. Pour la majorité des acides minéraux, la résistance chimique de l'émail passe par un minimum pour des concentrations en acide de l'ordre de 20-30 % poids. Par exemple, une vitesse de corrosion de 0,1 mm/an est atteinte à 128 °C dans l'acide sulfurique à 30 %, et à 180 °C dans l'acide sulfurique à 60 %.

Exceptionnellement, dans le cas de l'acide phosphorique, la vitesse de corrosion augmente avec la concentration : 0,1 mm/an à 163 °C pour une concentration de 10 %, mais dès 112 °C pour une concentration de 70 %.

L'acide fluorhydrique attaque et dissout complètement le verre, quelle que soit la température. Sa concentration dans le produit ne doit jamais dépasser 0,002 % (20 ppm).







COURBES D'ISOCORROSION

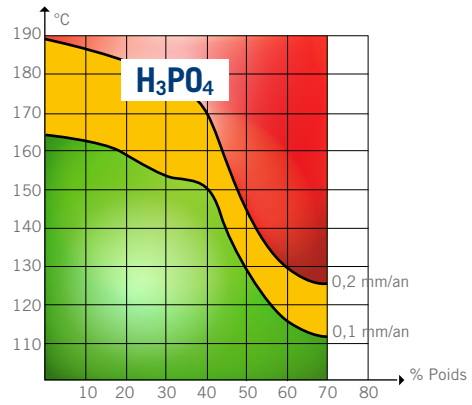
NOS COURBES D'ISOCORROSION SONT ÉTABLIES POUR LES PRODUITS LES PLUS COURANTS. ELLES DONNENT EN FONCTION DE LA CONCENTRATION DU PRODUIT, LES TEMPÉRATURES AUXQUELLES LES VITESSES DE CORROSION DE L'ÉMAIL SONT 0,1 ET 0,2 mm/an.

L'UTILISATION DE L'ÉMAIL EST DÉCONSEILLÉE

CORROSION : DES EXPOSITIONS TEMPORAIRES À CES TEMPÉRATURES RESTENT ENVISAGEABLES

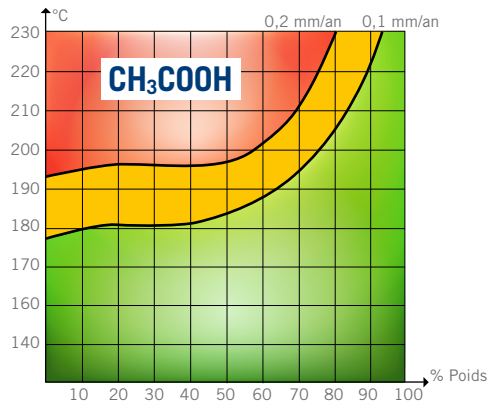
L'ÉMAIL PEUT ÊTRE UTILISÉ SANS RESTRICTION

TOUS LES TESTS ONT ÉTÉ EFFECTUÉS DANS DES RÉACTEURS REVÊTUS TANTALE EN UTILISANT UN RAPPORT VOLUME DE PRODUIT/SURFACE D'ÉMAIL (V/S) > 20, POUR ÉVITER L'INHIBITION DES RÉACTIONS PAR LA SILICE DISSOUTE.



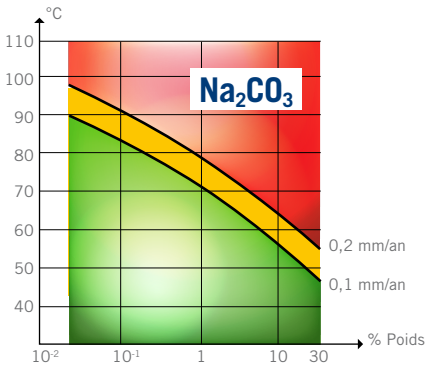
RÉSISTANCE AUX SUBSTANCES ORGANIQUES

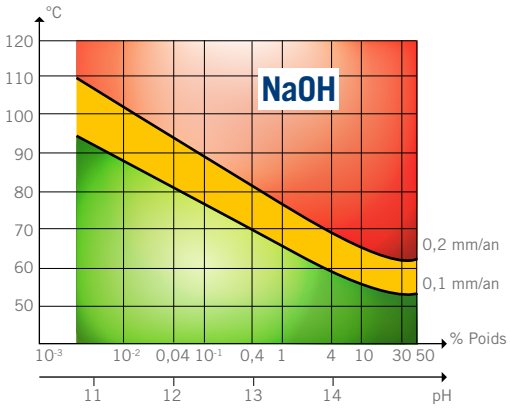
L'attaque chimique en milieu organique est très faible. Toutefois, si de l'eau est produite au cours de la réaction, la vitesse d'attaque dépendra de la quantité produite. Ainsi, par exemple, dans le cas d'une solution 0,1 N de NaOH dans l'éthanol anhydre à 80 °C, la vitesse d'attaque est quasi nulle. Dans le méthanol, il faut plus de 10 % d'eau pour que l'attaque devienne perceptible, tandis que dans l'éthanol, avec 5 % d'eau, la vitesse de corrosion est déjà la moitié de ce qu'elle est pour les solutions aqueuses.

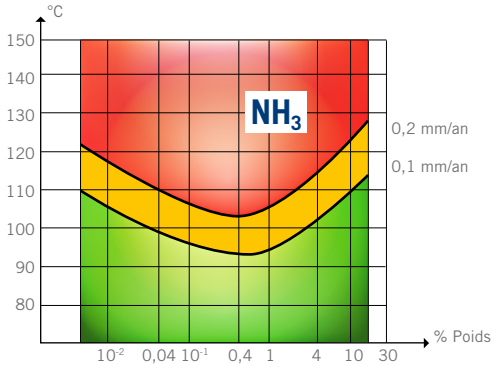


RÉSISTANCE AUX ALCALINS

Les températures limites admissibles sont ici inférieures à ce qu'elles sont pour les acides. Ainsi, à pH = 13 (NaOH 0,1 N), ce maximum est de 70 °C. Par conséquent, il est important d'être prudent en utilisant des alcalins chauds. La température doit être parfaitement contrôlée et maîtrisée, car une augmentation de 10 °C double la vitesse de corrosion. Des soins particuliers doivent être pris lors de l'introduction d'alcalins dans un réacteur. Pour éviter des coulures sur les parois chaudes du réacteur, il est fortement conseillé d'utiliser un tube plongeur.







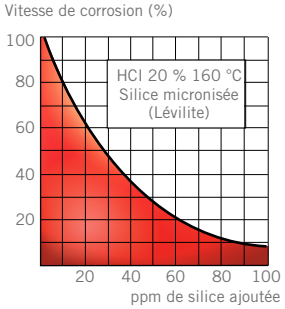
RÉSISTANCE À LA VAPEUR

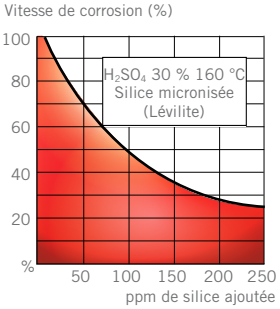
La résistance à l'eau est excellente. Le comportement de l'émail dans les solutions neutres dépend de chaque cas individuel, tout en restant généralement très satisfaisant.

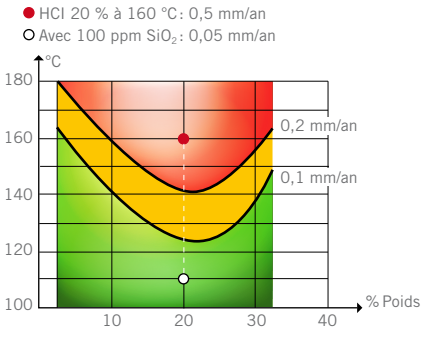
INHIBITION DE LA CORROSION

Certaines réactions mises en œuvre dans les process chimiques sont parfois si violentes qu'elles peuvent rapidement endommager la couche d'émail. L'utilisation d'additifs dans le milieu réactionnel peut cependant inhiber cette corrosion et permettre ainsi l'utilisation de l'acier vitrifié, même dans des cas extrêmes. En phase liquide acide, quelques dizaines ou centaines de ppm de silice (SiO_2) permettent de protéger l'émail en réduisant considérablement les vitesses de corrosion. Le même résultat peut être obtenu en phase gazeuse par utilisation d'huiles de silicone. Schématiquement, plus la température du process est élevée, plus il faut de silice. La silice possède également une influence favorable en présence de fluor. Chaque réaction reste cependant particulière, et nous recommandons toujours un essai préalable : un additif peut s'avérer efficace dans un cas et inactif dans un autre.

	Produit pur	500 ppm $CaCO_3$	300 ppm SiO_2	Huile de silicone 2 ml/l
NaOH 1N 80 °C	0,18 mm/an	0,09 mm/an		
Tampon pH= 1 ; 100°C + HF 430 ppm	1,5 mm/an		0,42 mm/an	
HCl 20 % vapeur 110 °C	0,036 mm/an			< 0,005 mm/an







PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

L'émail est un verre présentant toutes ses qualités mais aussi ses points sensibles qui sont fragilité et faible résistance à la traction. Étant donné que la résistance à la compression d'un verre est nettement supérieure à sa résistance à la traction, une des solutions permettant d'augmenter la résistance mécanique de l'émail consiste à mettre la couche émaillée en précontrainte de compression. Ainsi, lors d'une sollicitation mécanique (déformation, choc mécanique ou thermique,...), cette précontrainte doit d'abord être équilibrée par une tension équivalente avant que le verre ne puisse être soumis à une contrainte de tension dangereuse pour lui.

ABRASION

Le test normalisé d'abrasion (DIN 51152) est très éloigné des conditions de fonctionnement actuelles des équipements en acier vitrifié, dans lesquels les effets de l'attaque chimique viennent s'ajouter à ceux de l'abrasion. Il permet néanmoins d'établir des comparaisons entre différents verres démontrant les avantages de l'émail DD 3009.

Statistiquement, les cas pratiques de destruction de l'émail par abrasion sont négligeables. Cependant, si le moindre doute surgit quand à l'utilisation d'une substance abrasive, un simple test effectué avec ce produit permettra, par comparaisons, de conclure.

CHOC MÉCANIQUE

Les différents dispositifs utilisés pour mesurer la résistance aux chocs mécaniques donnent des résultats qui ne sont pas directement comparables les uns aux autres. Il est par conséquent très peu utile de chercher à donner une valeur intrinsèque de résistance mécanique. La seule solution pratique pour comparer différents émaux consiste à utiliser la même méthode et les mêmes critères.

Notre méthode consiste à laisser tomber un poids de 1 kg muni à sa base d'une bille de 15 mm de diamètre sur une plaque émaillée (épaisseur de l'émail : 1,5 mm). Cette plaque est fixée sur un socle magnétique, permettant ainsi de la rendre plus épaisse et d'augmenter l'efficacité du choc (aucune absorption d'énergie due aux vibrations de l'acier). Cette plaque est mise à la masse électriquement, et le passage d'un courant à travers un électrolyte déposé à l'endroit du choc est le critère d'appréciation du dégât. Testée selon cette procédure proche des conditions réelles d'utilisation, la résistance aux chocs mécaniques de l'émail DD 3009 est de 80 % supérieure à celle de l'émail précédent.

	UNITÉS	Émail DD 3009
HCl – Vapeur – DIN 51157 - ISO 2743	mm/an	0,036
HCl – 20 % 140 °C – V/S = 20	mm/an	0,2
NaOH 1N 80 °C – DIN 51158 – ISO 2745	mm/an	0,19
NaOH 1N 80 °C – V/S = 20	mm/an	0,35
NaOH 0,1 N 80 °C – V/S = 20	mm/an	0,18
H_2O – Vapeur – DIN 51165 – ISO 2744	mm/an	0,017
Chocs thermiques – Fissures Statiflux	°C	220
Abrasion – DIN 51152	mg/cm²/h	2,35
Chocs mécaniques	Amélioration par rapport à l'émail précédent : 80 %	

PROPRIÉTÉS THERMIQUES

Les appareils que nous fabriquons sont conçus dans leur grande majorité avec un système permettant la chauffe et le refroidissement des contenus. Les transferts de chaleur pouvant engendrer des dégâts importants sur le revêtement émaillé, il convient de respecter les limites décrites dans ce chapitre qui tiennent comptent à la fois des données de la norme EN 15159 (parties 1,2 et 3), ainsi que notre expérience de constructeur d'équipements émaillés.

IL CONVIENT DE DISTINGUER :

• Le « choc thermique » proprement dit, qui se caractérise par un brusque changement de température appliqué soit sur la surface de l'émail (introduction de produit dans l'équipement : réactif, eau de lavage), soit sur l'acier (à l'endroit d'une tubulure de double-enveloppe, par exemple lors de l'introduction de vapeur surchauffée).

• Les « contraintes thermiques », qui sont des contraintes mécaniques liées à des gradients de température apparaissant temporairement dans l'acier lors des phases de changement de température. Elles sont liées au design des équipements et peuvent générer des tensions dans l'émail pouvant conduire à sa rupture, et/ou provoquer la fissuration de la couche de passivation des serpentins et favoriser le développement de corrosion sous contrainte de ces derniers pouvant aboutir à l'apparition de fissures transversales.

Les appareils émaillés sont plus ou moins sensibles aux chocs et aux contraintes thermiques, en fonction de leurs caractéristiques géométriques ou structurelles. Ceci nous amène à distinguer :

• D'une part, les appareils standards, dont les données de calcul sont -25 °C à +200 °C pour ce qui concerne la température, et -1 à 6 bar pour ce qui concerne la pression.

Exemple A
Si le produit et la paroi émaillée sont à 170 °C, la température du fluide thermique doit être comprise entre +30° et +200 °C.

Exemple B
Si le fluide thermique et la paroi émaillée sont à 20 °C, on peut introduire en toute sécurité un produit dont la température est comprise entre –25° à +165 °C.

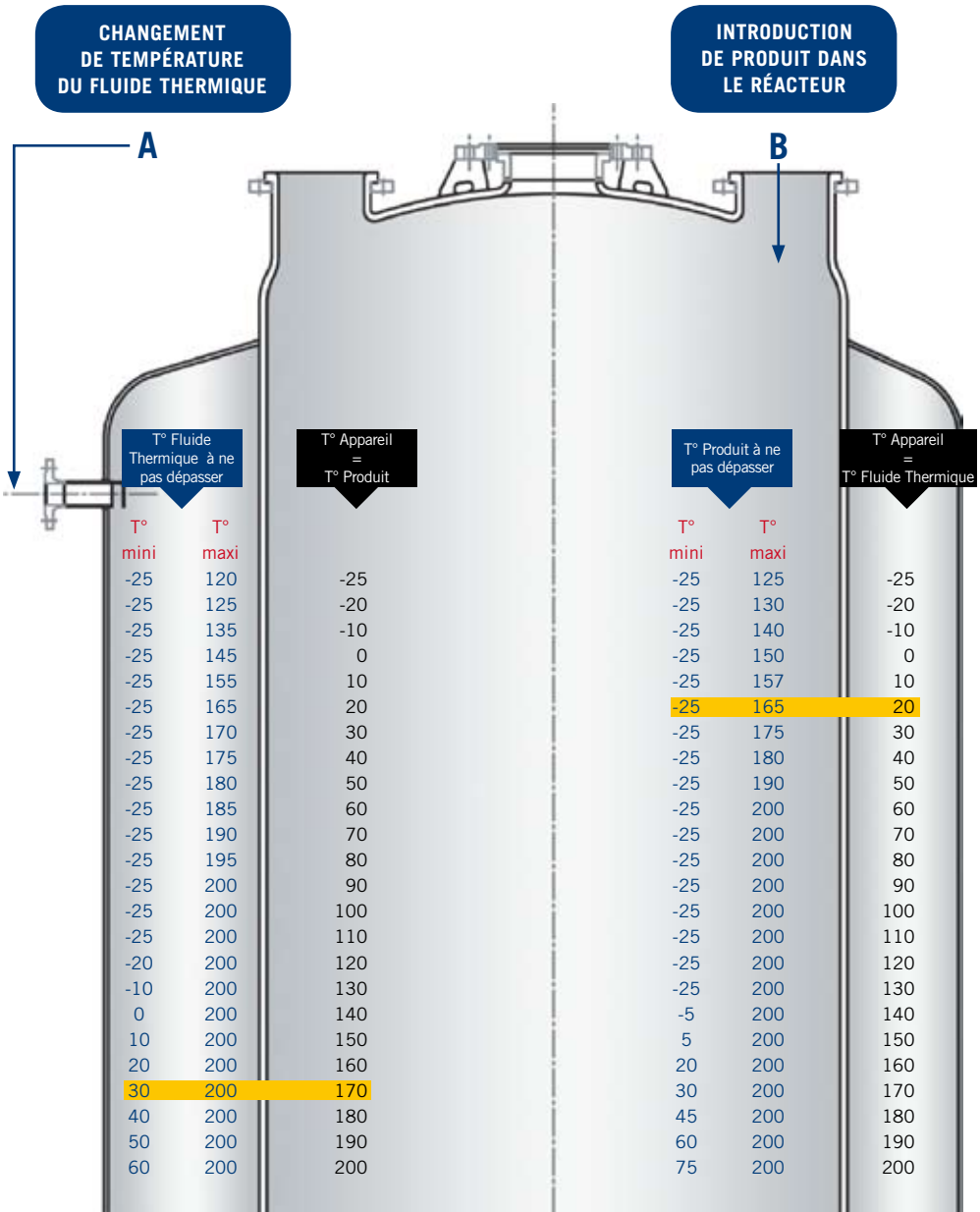
• D'autre part, les appareils particuliers, soit en raison de leurs conditions de calcul et/ou de service qui s'éloignent du standard (très haute température, très basse température, haute pression, etc...), soit en raison d'un matériau ou d'un design particulier tels que, par exemple, appareils en inox émaillé, colonnes dépourvues de compensateur, appareils dissymétriques (lyre et tubulure latérale), épaisseurs hors standard, longueurs hors standard, tuyauterie à double-enveloppes, etc...

Le tableau suivant vous est donné pour vous permettre de valider vos conditions opératoires et éviter de créer des chocs thermiques excessifs lors de l'introduction de produits dans un appareil standard ou lors des changements de températures de fluide caloporteur (système Multifluide).
Les valeurs de ΔT maximum données dans ces tableaux doivent IMPÉRATIVEMENT être respectées. Ce sont des valeurs limites à ne pas dépasser.

REMARQUE

Une Notice entièrement consacrée aux propriétés thermiques de l'émail est jointe au Manuel d'Entretien de nos appareils pour vous permettre de les mettre en œuvre en toute sécurité, pour vos opérateurs et pour l'équipement concerné.

CAS GÉNÉRAL DES APPAREILS STANDARDS CALCULÉS DE -25°C À + 200°C NORME EN 15159



A			B		
T° Fluide Thermique à ne pas dépasser		T° Appareil = T° Produit	T° Produit à ne pas dépasser		T° Appareil = T° Fluide Thermique
T° mini	T° maxi		T° mini	T° maxi	
-25	120	-25	-25	125	-25
-25	125	-20	-25	130	-20
-25	135	-10	-25	140	-10
-25	145	0	-25	150	0
-25	155	10	-25	157	10
-25	165	20	-25	165	20
-25	170	30	-25	175	30
-25	175	40	-25	180	40
-25	180	50	-25	190	50
-25	185	60	-25	200	60
-25	190	70	-25	200	70
-25	195	80	-25	200	80
-25	200	90	-25	200	90
-25	200	100	-25	200	100
-25	200	110	-25	200	110
-20	200	120	-25	200	120
-10	200	130	-25	200	130
0	200	140	-5	200	140
10	200	150	5	200	150
20	200	160	20	200	160
30	200	170	30	200	170
40	200	180	45	200	180
50	200	190	60	200	190
60	200	200	75	200	200

TRAÇABILITÉ GARANTIE

FABRICATION DE L'ÉMAIL

Chaque lot d'émail est composé à partir de matières premières certifiées qui sont mélangées soigneusement puis fondues à une température de 1 400 °C. Le verre ainsi élaboré est ensuite coulé dans l'eau. Cette trempe soudaine le réduit en grenailles qui sont séchées, puis broyées et tamisées. Pour éviter tout risque de contamination, chaque lot est manipulé séparément, entre chaque opération, dans des conteneurs fermés.

ÉMAILLAGE

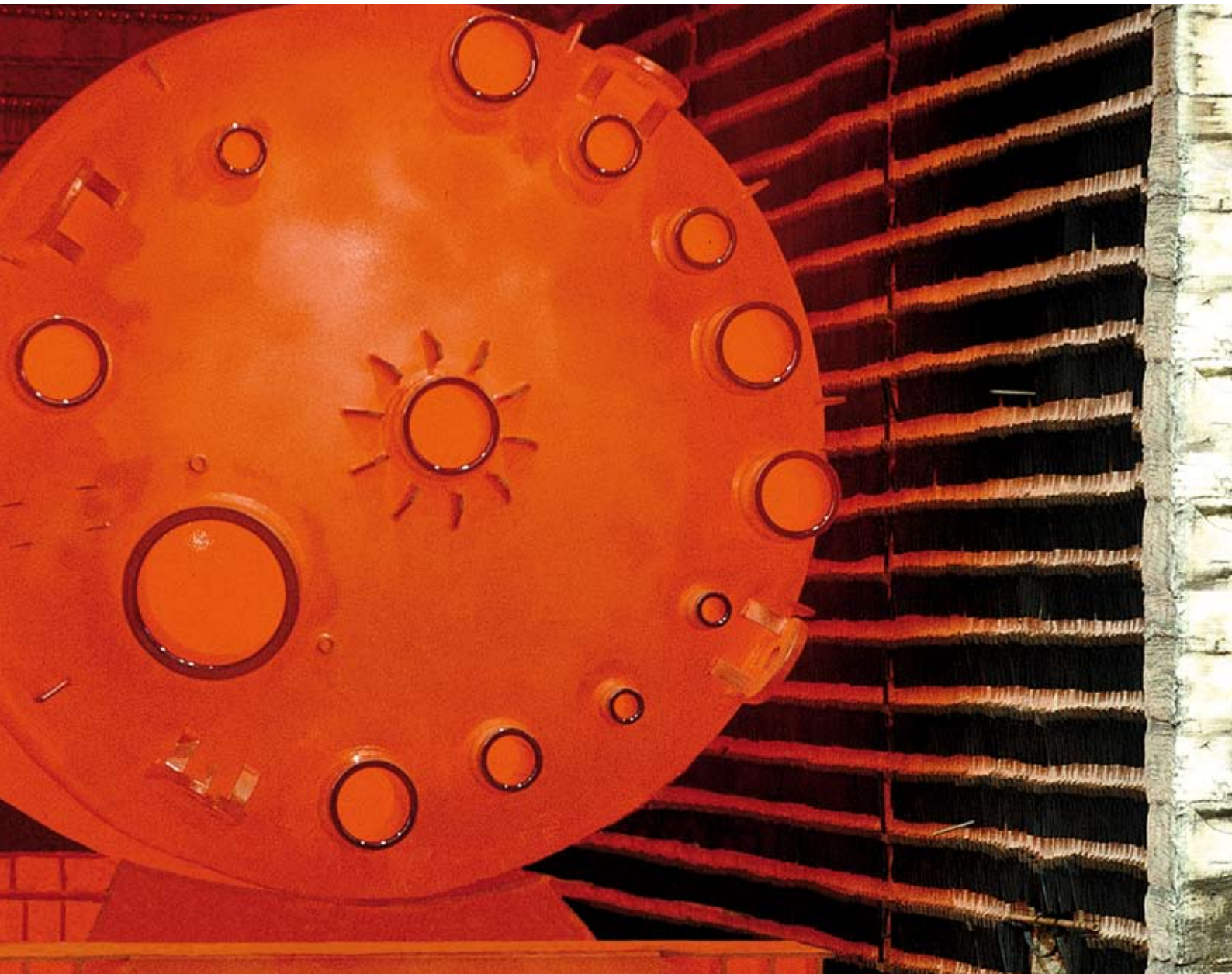
Une suspension liquide est préparée avec la poudre de verre et appliquée au pistolet comme une peinture sur les surfaces à émailler. Lorsque cette couche, aussi appelée « biscuit », est sèche, les appareils sont introduits dans un four et portés à une température qui assure la fusion des grains de verre. Après refroidissement, on obtient une couche d'émail étanche, lisse et homogène. Cette couche est soumise à divers contrôles de qualité : épaisseur, test diélectrique, examen visuel. Une seconde couche est alors pistolée sur l'appareil, séchée, cuite, contrôlée. Ces cycles sont répétés, toujours par le même opérateur, qui peut ainsi ajuster et parfaire son travail, jusqu'à obtenir un revêtement émaillé optimal :

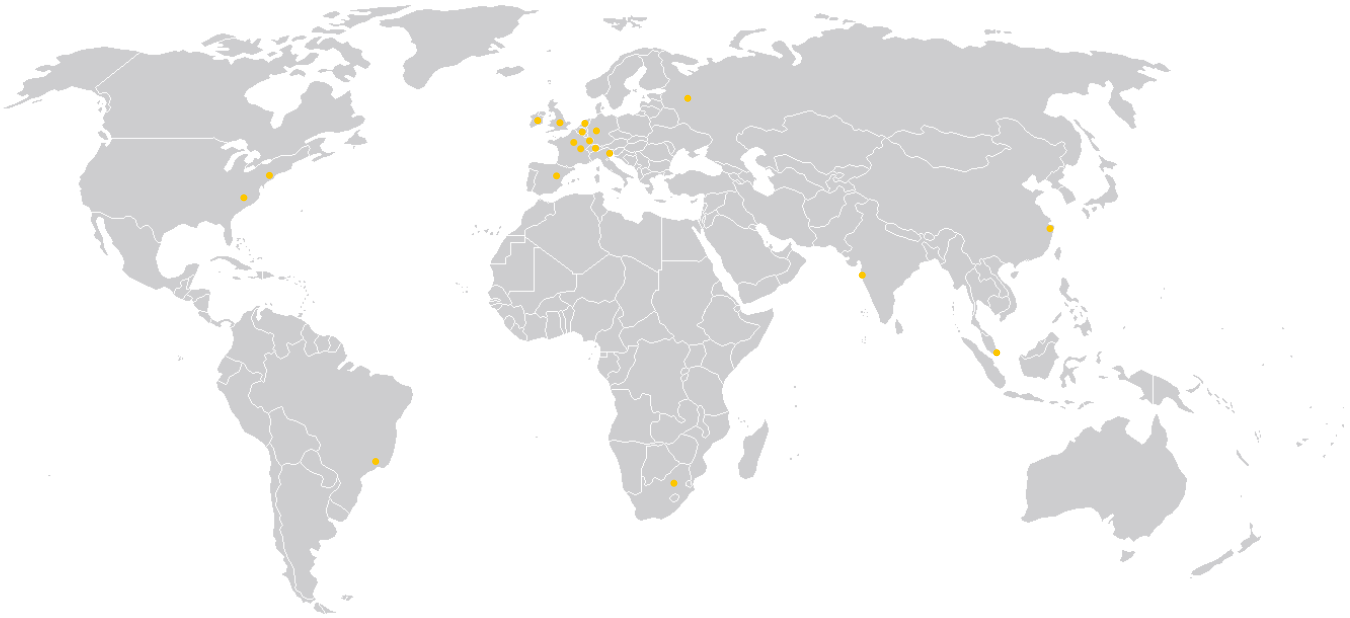
- Épaisseurs requises
- Pas de défauts ponctuels
- Bon aspect visuel, lisse et sans variation de couleur

COULEUR

L'émail DD 3009 est disponible en deux couleurs qui possèdent exactement les mêmes propriétés chimiques et mécaniques :

- Bleu (DD 3009)
- Blanc (DD 3009 U)





De Dietrich
PROCESS SYSTEMS

DE DIETRICH SAS
Château de Reichshoffen
F 67891 Niederbronn Cedex
Tél. +33 3 88 80 26 00
Fax +33 3 88 80 26 95
www.dedietrich.com

AFRIQUE DU SUD

De Dietrich South Africa (PTY) Ltd
Dunswart
Tél. +27 11 918 4131
Fax +27 11 918 4133
info.za@dedietrich.com

ALLEMAGNE

De Dietrich Process Systems GmbH
Mainz
Tél. +49 6131 9704 0
Fax +49 6131 9704 500
mail@qvf.de

BENELUX

De Dietrich Process Systems N.V.
B - Heverlee-Leuven
Tél. +32 16 40 5000
Fax +32 16 40 5500
info@benelux.dedietrich.com

BRÉSIL

De Dietrich Do Brasil Ltda
São Paulo
Tél. +55 11 2703 7380
Fax +55 11 2702 4284
brasil@dedietrich.com.br

CHINE

De Dietrich Process Systems Co. Ltd
Wuxi
Tél. +86 510 8855 7500
Fax +86 510 8855 9618
info@dedietrichchina.com

ESPAGNE

De Dietrich Equipos Quimicos S.L.
Barcelona
Tél. +34 93 292 0520
Fax +34 93 21 84 709
comercial@dedietrich.es

ÉTATS-UNIS

De Dietrich Process Systems Inc.
Mountainside, NJ
Tél. +1 908 317 2585
Fax +1 908 889 4960
sales@ddpsinc.com

Charlotte, NC
Tél. +1 704 587 04 40
Fax +1 704 588 68 66
rosenmund@ddpsinc.com

FRANCE

De Dietrich S.A.S.
Zinswiller
Tél. +33 3 88 53 23 00
Fax +33 3 88 53 23 99
sales@dedietrich.com

De Dietrich S.A.S.
Evry
Tél. +33 1 69 47 04 00
Fax +33 1 69 47 04 10
eivs@dedietrich.com

De Dietrich Process Systems Semur S.A.S.
Semur-en-Auxois
Tél. +33 3 80 97 12 23
Fax +33 3 80 97 07 58
info@rosenmund.com

GRANDE BRETAGNE

De Dietrich Process Systems Ltd
Stafford
Tél. +44 1785 609 900
Fax +44 1785 609 899
sales@qvf.co.uk

INDE

De Dietrich Process Systems (India) Pvt, Ltd
Mumbai
Tél. +91 22 28 505 794
Fax +91 22 28 505 731
ddps.india@dedietrich.com

IRLANDE

De Dietrich Process Systems Ireland Ltd
Shannon
Tél. +353 61 366924
Fax +353 61 366854
sales@dedietrich.ie

ITALIE

De Dietrich Process Systems Srl
San Dona' Di Piave (VE)
Tél. +39 0421 222 128
Fax +39 0421 224 212
info-it@dedietrich.com

RUSSIE

De Dietrich Rep. Office
Moscow
Tél. +7 495 663 9904
Fax +7 495 663 9905
info@ddps.ru

SINGAPOUR

De Dietrich Singapore (PTE) Ltd
Singapore
Tél. +65 68 61 12 32
Fax +65 68 61 61 12
info.sg@dedietrich.com

SUISSE

De Dietrich Process Systems AG
Liestal
Tél. +41 61 925 11 11
Fax +41 61 921 99 40
info@rosenmund.com

Le groupe international De Dietrich Process Systems est le premier fournisseur mondial de solutions systèmes, de réacteurs pour les applications corrosives ainsi que d'équipements de séparations solides liquides et de séchage. Les solutions de De Dietrich Process Systems sont utilisées dans les secteurs pharmaceutiques et chimiques.

www.dedietrich.com

Les informations contenues dans cette brochure sont données à titre indicatif et sont non contractuelles. Les programmes décrits sont susceptibles d'évoluer et peuvent être modifiés ou supprimés sans préavis et sans que notre responsabilité ne puisse être engagée de quelque façon que ce soit. © 2009 De Dietrich® SAS. Tous droits réservés. 001-04/09

Ce document a été imprimé avec des encres végétales sur un papier issus de forêts durablement gérées.